



(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENT- UND

MARKENAMT

Offenlegungsschrift

(10) DE 102 02 503 A 1

(5) Int. Cl. 7:

G 09 B 23/32

G 09 B 5/02

(21) Aktenzeichen: 102 02 503.7

(22) Anmeldetag: 23. 1. 2002

(23) Offenlegungstag: 31. 7. 2003

(71) Anmelder:

Riener, Robert, Dr.-Ing., 85591 Vaterstetten, DE;
Burgkart, Rainer, Dr.med., 80469 München, DE

(74) Vertreter:

Schweizer, J., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 80993 München

(72) Erfinder:

gleich Anmelder

(56) Entgegenhaltungen:

US	55 09 810
WO	02 01 536 A1

RIENER,R. et al.: VR Trainingssimulator für die Orthopädie. VR-AR Kick-Off-Meeting, Bonn, 26/27. Juni 2001;
ROLLAND,J.P. et al.: Optical Versus Video See-Through Head-Mounted Displays in Medical Visuali-
zation. In: Presence, Vol. 9, No. 3, June 2000,
S. 287-309;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Interaktiver Geburtensimulator

DE 102 02 503 A 1

DE 102 02 503 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Geburtensimulator zum Nachbilden des menschlichen Geburtsvorganges, um daran geburtshelferische und gynäkologische Handgriffe zu trainieren.

[0002] Die Ausbildung von Hebammen und Gynäkologen ist sehr aufwendig, da die Ausbildung aus verschiedenen Gründen nur sehr eingeschränkt an der Gebärenden selbst vorgenommen werden kann. Gerade in komplexen Notfallsituationen ist es nicht möglich oder ethisch vertretbar, unerfahrene Personen in die Geburtshilfe aktiv mit einzubeziehen. Weiterhin treten die unterschiedlichsten Problemfälle oft nicht vorhersehbar auf. So müssen Hebammen und Gynäkologen über lange Zeiträume relativ passiv bei Geburten anwesend sein. Erst wenn die passive Ausbildung sehr weit fortgeschritten ist, kann mit der aktiven Ausbildung begonnen werden. Dabei müssen alle Handlungen von erfahrenem medizinischen Fachpersonal überwacht werden, um das Risiko für Mutter und Kind gering zu halten.

[0003] Um die gynäkologische Ausbildung zu unterstützen, werden körperliche Modelle, Filme und Computeranimationen verwendet. Es gibt zusammensetzbare hartplastische Modelle, die eine räumliche Veranschaulichung anatomischer, physiologischer oder pathologischer Zusammenhänge ermöglichen. Es sind weiterhin weichplastische Modelle bekannt, die menschliche haptische Eigenschaften möglichst gut nachbilden sollen, d. h., in einem anatomiegeerten Mutterleib ist eine elastisch verformbare Kinderpuppe angeordnet.

[0004] Die auszubildenden Hebammen und Gynäkologen können somit diese Modelle anfassen und bestimmte Grundhandgriffe üben und sich die räumlichen Zusammenhänge, wie z. B. Kindslagen, einprägen.

[0005] Da die aus dem Stand der Technik bekannten körperlichen Modelle, Filme oder Computeranimationen nur unzureichend für die realitätsnahe Ausbildung geeignet sind, besteht die Aufgabe der Erfindung in der Schaffung einer Vorrichtung zur Geburtssimulation, an der die Handgriffe für die Geburtshilfe gegenüber dem Stand der Technik wesentlich effektiver erlernt oder trainiert werden können.

[0006] Diese Aufgabe wird mit einer Vorrichtung zur Geburtssimulation nach Anspruch 1 und mit einem steuerbaren interaktiven Kindmodell nach Anspruch 9 gelöst.

[0007] Ein Mutterleibstorso hat eine Gebärmutterhöhlung mit einem Kindmodell in vorzugsweise natürlicher Form und Größe. Beide Teile bestehen vorzugsweise aus gummielastischem Material oder aus anderen geeigneten Materialien, um die natürliche Haptik eines menschlichen Körpers möglichst gut nachzubilden. Derartige Materialien sind dem Fachmann hinreichend bekannt. Das Kindmodell ist über eine Koppelvorrichtung mit einem ansteuerbaren Antrieb mechanisch verbunden. Weiterhin ist eine programmierbare Steuer- und Regelvorrichtung zum Steuern und Regeln des Antriebs vorgesehen, um Kindsbewegungen im Mutterleib während der Geburt zu simulieren.

[0008] Es ist besonders zu erwähnen, daß mittels der Steuer- und Regelvorrichtung das Bewegungsverhalten eines realen Kindes im Mutterleib oder bei einem Geburtsvorgang simulierbar ist, d. h., wenn das Modellkind von einer Person, wie z. B. einer auszubildenden Hebamme, mit den Händen erfaßt, abgetastet oder bewegt wird, verhält es sich weitgehend wie ein natürliches Kind. Das Kindmodell ist somit nicht passiv, sondern reagiert in Abhängigkeit von den aufgebrachten Handkräften interaktiv, d. h., es erzeugt einen Gegendruck oder auch eine Gegenbewegung. Die Erfindung ermöglicht insbesondere die Simulation verschiedener medizinischer Zustände, wie z. B. eine Kopflage oder eine

Steißlage des Kindes. Wenn eine auszubildende Hebamme auf den Bauch des Mutterleibstorsos drückt, in dem das Kindmodell in Steißlage liegt, verspürt sie die gleichen Geigenkräfte und Bewegungsreaktionen wie bei einer natürlichen Steißlage. Ein weiteres Beispiel ist eine äußere Wendung, bei der das Kind im Mutterleib von außen, d. h. durch Einwirken des Gynäkologen auf den Bauch, in die richtige Geburtsposition gedrückt und gedreht wird. Das Kindmodell verhält sich bei dieser Handlung nicht passiv, d. h. nicht wie ein lebloser Körper, sondern reagiert auf die Krafteinwirkung von außen mit einer Reaktionsbewegung und/oder Gegendruck, wie es auch bei einem natürlichen Kind der Fall ist.

[0009] Die Erfindung ermöglicht erstmalig die Simulation derartiger interaktiver Vorgänge, wobei mit der Erfindung ohne Änderung der Geometrie und/oder des Materials des Mutterleibstorsos oder des Kindmodells unterschiedlichste Interaktionen bewirkt werden können.

[0010] Zur Realisierung dieser Interaktionseigenschaft 20 weist die Erfindung nachfolgende Merkmale auf:

- Es ist eine ansteuerbare Antriebsvorrichtung vorgesehen, die mit dem Modellkind über eine Koppelvorrichtung verbunden ist. Die Ausgestaltung der Antriebsvorrichtung und die Kopplung mit dem Kindmodell werden fachmännisch so vorgenommen, daß realitätsnahe Bewegungen und/oder Relativbewegungen des Kindmodells bewirkbar sind. Unabhängig von der konkreten Ausgestaltung der Antriebsvorrichtung und deren Kopplung mit dem Kindmodell muß lediglich die Voraussetzung erfüllt sein, daß das Kindmodell von der Untersuchungsperson in den gleichen oder ähnlichen Freiheitsgraden wie ein natürliches Kind bewegt werden kann. Dieser Zusammenhang wird in den Ausführungsbeispielen weiter verdeutlicht.

- An der steuerbaren Antriebsvorrichtung und/oder an der Kopplung mit dem Modellkind und/oder am Modellkind selbst sind Sensoren zum Detektieren der von der Untersuchungsperson aufgebrachten und/oder eingelegten Kräfte und Bewegungen vorgesehen. Für das Detektieren von Kräften und Bewegungen, wie z. B. Verschiebungen und Drehungen, Längenänderungen oder Drehmomente, stehen dem Fachmann für Meß- und Regelungstechnik Sensoren zur Messung von Kräften, Wegen, Winkeln und Drehmomenten zur Auswahl. Demgemäß erfolgt die Auswahl unter dem Gesichtspunkt der Funktionalität und der Senkung der Kosten, ohne daß dazu eine erforderliche Tätigkeit erforderlich ist.

- Die von den Sensoren ausgegebenen Meßsignale werden einer Ansteuer- und Regelvorrichtung zugeführt, um die Antriebsvorrichtung in Abhängigkeit von den manuell aufgebrachten Kräften und den eingelegten Verschiebungen, die von der untersuchenden Person verursacht werden, zu steuern.

- In die Steuer- und Regelvorrichtung ist ein Rechner mit einem Simulationsprogramm integriert. Durch das Simulationsprogramm werden beim direkten Aufbringen von Kräften oder Verschiebungen auf das Modellkind oder beim indirekten Aufbringen von Kräften oder Verschiebungen über den Mutterleibstorso auf das Modellkind solche Reaktionskräfte und Bewegungen erzeugt, die dem Reaktionsverhalten eines natürlichen Kindes weitgehend ähnlich sind, d. h., in diesem Simulationsprogramm sind Bewegungsmuster für typische Reaktionen unterschiedlicher medizinischer Zustände hinterlegt. Es ist somit erstmalig möglich, unterschiedliche medizinische Zustände und Situationen hinsicht-

lich der Bewegungscharakteristik als auch der Reaktionscharakteristik, d. h. der Interaktionseigenschaften, zu simulieren.

[0011] Für die Ausbildung von Hebammen und Gynäkologen sind diese Leistungsmerkmale der Erfahrung von besonderem Nutzen, da lediglich durch die Eingabe von Befehlen in den Rechner der Ansteuer- und Regelvorrichtung unterschiedliche Simulationsprogramme aufrufbar sind und somit ständig wechselnde medizinische Situationen und Komplikationen simuliert werden können.

[0012] Weiterhin soll auf einen besonderen zusätzlichen Nutzen der Erfahrung hingewiesen werden. Die Arbeitsweise der Simulationsprogramme kann an Hand der Erfahrung von einem erfahrenen Gynäkologen überprüft und ggf. korrigiert werden. Somit kann in das Simulationsprogramm die langjährige Erfahrung eines guten Gynäkologen implementiert werden. Es ist somit klar, daß in dem Simulationsprogramm nicht nur die Erfahrung eines einzelnen Gynäkologen, sondern auch die Erfahrungen verschiedener Gynäkologen eingebunden werden können. Somit sind ein Vergleich und eine Optimierung möglich.

[0013] Die bei der Simulation von der agierenden Person aufgebrachten Kräfte und eingeleiteten Verschiebungen können ausgezeichnet und ausgewertet werden. Somit ist es möglich, den Lernerfolg bzw. Ausbildungsfortschritt zu dokumentieren.

[0014] Gleichfalls ist es möglich, besonders schwierige Handlungssequenzen häufig zu wiederholen und somit zu trainieren. Derartige Übungsmöglichkeiten durch Wiederholung sind am natürlichen Menschen völlig ausgeschlossen.

[0015] Da mittels des Simulationsprogramms digitale Daten verarbeitet, können diese Daten über Datennetze, wie z. B. das Internet, versendet und ausgetauscht werden. Damit ist es erstmals möglich, taktile Fertigkeiten und Erfahrungen von Spezialisten zu übertragen, in Datenbanken zu speichern und für Ausbildungs- und Studienzwecke zur Verfügung zu stellen. So wie bisher Daten auf einem visuellen Display (Rechnermonitor) sichtbar gemacht werden, können mittels eines haptischen Displays, wie im vorliegenden Fall ein Geburtssimulator, haptische Informationen übermittelt, d. h. begreifbar, erfassbar gemacht werden.

[0016] Nach Anspruch 2 sind die Koppelvorrichtungen starre Elemente. Danach ist es möglich, Kräfte und Verschiebungen sehr genau zu bestimmen, wodurch eine gut abgestimmte Interaktion ermöglicht wird.

[0017] Nach Anspruch 3 sind zur Bewegung des Kindmodells mehrere Koppelvorrichtungen und mehrere steuerbare Antriebe vorgesehen. Mit dieser Ausführungsform der Erfahrung können auch komplexe Bewegungen des Kindmodells simuliert werden.

[0018] Nach Anspruch 4 ist das Kindmodell an einen sechsgelenkigen Roboter mit serieller Kinematik angekoppelt. Diese Ausführungsform der Erfahrung weist eine Reihe von Vorteilen auf. Roboter dieser Bauart sind aus dem Stand der Technik hinreichend bekannt und weit verbreitet. Diese Roboter weisen bereits alle wesentlichen Hardwarekomponenten auf, wie z. B. die Steuerung in drei Richtungen und in drei Orientierungen, sowie die Programmierbarkeit. Beim Einsatz eines Roboters dieser Bauart wird der Aufbau eines erfundungsgemäßen Geburtssimulators wesentlich vereinfacht und daher kostengünstig.

[0019] Nach Anspruch 5 besteht die Koppelvorrichtung aus einer Vielzahl von hydraulischen und/oder pneumatischen Drucktaschen, die in dem Mutterleibstorso so angeordnet sind, daß durch deren Befüllung auf das Kindmodell Druckkräfte ausgeübt werden, die eine Lageänderung des

Kindes verursachen. Diese Drucktaschen sind um das Modellkind herum angeordnet. Weiterhin ist jede der Drucktaschen mit einer Hydraulik- oder Pneumatikleitung versehen, die mit einer steuerbaren Pumpenvorrichtung verbunden ist. Um das Modellkind in eine gewünschte Bewegungsrichtung zu versetzen, werden die Drucktaschen, die in der entgegengesetzten Richtung angeordnet sind, gefüllt, und die Drucktaschen, die in der Bewegungsrichtung angeordnet sind, werden entleert.

[0020] Weiterhin ist jeder Drucktasche ein Drucksensor zugeordnet, der den Druck in der Drucktasche ermittelt. Die Meßsignale der Drucksensoren werden der Steuer- und Regelvorrichtung zugeführt, welche die Pumpenvorrichtung steuert. In der vorliegenden Ausführungsform besteht somit die Antriebsvorrichtung aus der Kombination von Pumpenvorrichtung und Drucktaschen. Wenn z. B. das Kind nicht in der optimalen Geburtsposition liegt und der Gynäkologe eine äußere Wendung ausführen möchte, drückt er mit medizinisch vorbestimmten Handgriffen auf den Bauch des Mutterleibstorsos. Dadurch werden Kräfte eingeleitet, so daß in den Drucktaschen eine charakteristische Druckverteilung entsteht. Diese charakteristische Druckverteilung wird von dem Simulationsprogramm der Steuer- und Regelvorrichtung als ein "äußere Wendung" erkannt. Demzufolge werden die Befüllung und die Entleerung der Drucktaschen in zeitlicher und örtlicher Abfolge so gesteuert und geregelt, daß für die Person, die die "äußere Wendung" vornimmt, ein Eindruck, d. h. das haptische Empfinden, entsteht, wie es bei einem natürlichen Menschen der Fall ist.

[0021] Dem Fachmann ist klar, daß zur Bewegung des Modellkindes die Reibung zwischen dem Modellkind und den Drucktaschen gering sein muß. Daher wird in die Gebärmutterhöhle ein Gleitmittel eingebracht. Zur Annäherung an natürliche Verhältnisse kann auch eine Fruchtwasserfüllung vorgesehen werden, die das Gleitmittel enthält und selbst ausreichendes Gleiten bewirkt. Ebenso ist es möglich, für das Kindmodell und für die Drucktaschen Materialien zu verwenden, die in Verbindung mit einfach zu handhabenden Flüssigkeiten, wie z. B. Wasser, eine ausreichende Gleitfähigkeit aufweisen.

[0022] Der Vorteil dieser Ausführungsform besteht in der großen Ähnlichkeit gegenüber realen Verhältnissen.

[0023] Nach Anspruch 6 ist eine mit der Steuer- und Regelvorrichtung signaltechnisch verbundene optische Displayvorrichtung vorgesehen. Auf dieser Displayvorrichtung wird zeitlich parallel, d. h. zeitgleich mit den simulierten Kindsbewegungen oder dem simulierten Geburtsablauf, eine Filmsequenz oder eine Computeranimation gezeigt, die den jeweils augenblicklich ablaufenden Abschnitt der Simulation, wie z. B. das Drehen des Kindes im Mutterleib, darstellt. Es ist z. B. möglich, die Filmsequenz einer natürlichen Geburt ablaufen zu lassen, um eine sehr realistische Wirkung zu erzielen. Weiterhin ist es z. B. auch möglich, eine röntgenbildartige, anatomisch semitransparente oder eine ultraschallbildartige Darstellung zu wählen, um die bei einer natürlichen Geburt nicht sichtbaren anatomischen Verhältnisse zu zeigen und den Lerneffekt zu verbessern.

[0024] Nach Anspruch 7 ist die optische Displayvorrichtung ein Head-Mounted-Display zur 3D-Darstellung der Filmsequenz oder der Computeranimation. Eine 3D-Darstellung, d. h. eine räumliche Darstellung der simulierten Verhältnisse, erhöht die anschaulichkeit und somit den Lerneffekt.

[0025] Nach Anspruch 8 ist eine mit der Steuer- und Regelvorrichtung signaltechnisch verbundene akustische Ausgabevorrichtung vorgesehen, die so eingerichtet ist, daß während einer Simulation solche Geräusche oder Soundsamples in Echtzeit wiedergegeben werden, wie sie bei einer

natürlichen Geburt oder gynäkologischen Untersuchung vorkommen. Weiterhin können auch künstlich erzeugte Geräusche, wie z. B. ein akustisch verstärkter Pulsschlag des Kindes oder die Wehentätigkeit der Mutter, ausgehen werden. Diese Ausführungsform der Erfindung führt zu einer weiteren Verbesserung des Lerneffektes.

[0026] Nach Anspruch 9 wird ein Kindmodell für einen Geburtensimulator nach Anspruch 1 bis 8 bereitgestellt. Dieses Kindmodell ist eine eigenständige Erfindung und weist einen inneren, elektrisch betriebenen Bewegungsmechanismus auf, der über eine Datenverbindung mit der Steuer- und Regelvorrichtung des Geburtensimulators signaltechnisch gekoppelt ist. Das Kindmodell wird durch den Bewegungsmechanismus über das Simulationsprogramm so gesteuert oder geregelt, daß die Bewegungen des Kindmodells den Bewegungen eines natürlichen Kindes unter vorbestimmten Bedingungen entsprechen.

[0027] Die Erfindung wird nachfolgend an Hand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit schematischen Zeichnungen näher erläutert.

[0028] Fig. 1 zeigt eine erste Ausführungsform der ersten Erfindung.

[0029] Fig. 2a zeigt einen ersten Regelalgorithmus.

[0030] Fig. 2b zeigt einen zweiten Regelalgorithmus.

[0031] Fig. 3 zeigt eine modifizierte Antriebsvorrichtung.

[0032] Fig. 4 zeigt eine weitere modifizierte Antriebsvorrichtung.

[0033] Fig. 5a, b zeigt eine zweite Ausführungsform der ersten Erfindung.

[0034] Fig. 6 zeigt eine Ausführungsform der zweiten Erfindung.

[0035] Fig. 7 zeigt ein Kindmodell mit Sensoren.

[0036] Die Fig. 1 zeigt den Querschnitt eines Geburtensimulators in Form eines Bauchtorsos 1 einer Schwangeren mit einem Kindmodell 2. Der Bauchtorso 1 ist in einem Bereich 3 auf einer Unterlage, z. B. ein Tisch, fest angeordnet. Das Kindmodell 2 befindet sich in einer Höhlung 4, welche die Gebärmutter simuliert. Der Bauchtorso 1 und das Kindmodell 2 sind aus einem weichelastischen Kunststoff ausgebildet. An dem Kindmodell 2 ist ein sechsgelenkiger Roboter 5 mit serieller Kinematik über einen Sechskomponenten-Kraft-Momenten-Sensor 6 angekoppelt.

[0037] Wenn der Roboter 5 das Kindmodell 2 bei einer simulierten Geburt aus dem Geburtskanal drängt, muß eine auszubildende Person das Kindmodell 2 wie bei einer realen Geburt erfassen und führen. Die dabei eingeleiteten Kräfte und Momente werden von dem Sechskomponenten-Kraft-Momenten-Sensor 6 erfaßt, in elektrische Signale umgewandelt und einer Steuer- und Regelvorrichtung zugeführt.

[0038] Der Roboter weist eine serielle Kinematik auf, d. h., mehrere Robotersegmente sind über aktiv angetriebene Drehachsen miteinander seriell verbunden. Die Richtungen der Drehachsen sind so gewählt, daß der Endeffektor des Roboters mit dem an den Sechskomponenten-Kraft-Momenten-Sensor 6 angekoppelten Kindmodell in sechs Freiheitsgraden (drei Positionen und drei Orientierungen) bewegt werden kann. Die Winkelstellungen des Roboters werden über interne Gelenkwinkelsensoren erfaßt und der Steuer- und Regelvorrichtung zugeführt. Aus den Gelenkwinkeldata wird die Lage des Kindmodells 2 im Raum bestimmt.

[0039] Wenn eine Person das Kindmodell 2 mit den Händen indirekt über die elastische Baudecke 6 oder auch direkt berührt, wie es bei einer Geburt vorkommt, wird von der Person durch die von Hand auf das Kindmodell 2 aufgebrachten Kräfte eine Bewegung induziert. Das Kindmodell 2 reagiert darauf nach einem Bewegungsmuster, welches einer realen Reaktionsbewegung eines natürlichen Kindes

entspricht.

[0040] Die Bewegungsinduktion des Kindmodells kann prinzipiell nach zwei Methoden erfolgen:

Die erste Methode ist die in Fig. 2a dargestellte Admittanzregelung, nach der die bei Berührung des Kindmodells 2 eingeleiteten Kräfte durch den Sechskomponenten-Kraft-Momenten-Sensor 6 erfaßt und zu dem Rechner mit dem Simulationsprogramm übertragen werden. Dort wird die resultierende Bewegung des Kindmodells 2 berechnet und als Sollgröße an die Roboterregelung weitergegeben. Die Roboterregelung vergleicht die errechnete Sollbewegung mit der gemessenen Roboterbewegung und speist den Roboter mit Motorströmen so, daß der Fehler zwischen gemessener und errechneter Bewegung minimal wird.

[0041] Die zweite Methode ist die in Fig. 2b dargestellte Impedanzregelung, nach der die durch die Wirkung von Kräften und Momenten erzwungenen Positions- und Orientierungsänderungen erfaßt und zu dem Rechner mit dem Simulationsprogramm übertragen werden. Daraufhin werden die korrespondierenden Kräfte und Momente berechnet und als Sollgrößen an die Roboterregelung weitergeleitet. Die Roboterregelung vergleicht die berechneten Sollkräfte und -momente mit den tatsächlich auftretenden Kräften und Momenten und bewegt den Roboter so, daß der auftretende Fehler minimal wird.

[0042] Das Simulationsprogramm für die Geburtssimulationsberechnung beinhaltet somit ein Computermodell, welches die biomechanischen Beziehungen zwischen Becken, Gebärmutter, Bändern, Sehnen, Haut und Muskulatur der Mutter und dem Körper des Kindmodells enthält. Es beschreibt die statischen und dynamischen Zusammenhänge zwischen den auftretenden Kräften und Momenten, die eine Person, wie z. B. die auszubildende Hebamme, auf das Kindmodell aufbringt, und die Lagen und Bewegungen des Kindes hinsichtlich den Raumpositionen/-orientierungen und deren Ableitungen, d. h. Geschwindigkeiten und Beschleunigungen relativ zum Körper der Mutter. Dadurch können entweder aus den gemessenen Kräften und Momenten die resultierenden Bewegungen des Kindmodells 2 (Admittanzregelung) oder aus der gemessenen Kindsbewegung die dazugehörigen Kräfte und Momente (Impedanzregelung), die auf die agierende Person übertragen werden, berechnet werden.

[0043] Durch die Regelung der mechanischen Kraftaktik 5 hat die agierende Person den haptisch subjektiven Eindruck einer realen Reaktion. Durch entsprechende Parameterwahl in der Geburtssimulationsberechnung lassen sich nicht nur normale Geburtsgänge oder Kindsbewegungen simulieren, sondern auch seltene Situationen und Problemfälle darstellen und anschaulich vermitteln.

[0044] Bei der Ausführungsform der Erfindung nach Fig. 1 werden weiterhin aus dem in der Geburtensimulation aufbereiteten Bewegungsinformationen in einer Bewegungsanimationsrechnung die Bewegungen und Verformungen der anatomischen Komponenten, wie z. B. Becken, Gebärmutter, Bänder, Sehnen, Haut, Muskulatur der Mutter und des Kindes, ermittelt und in Echtzeit auf einem Monitor 7 visualisiert. Es können unterschiedliche Darstellungsarten gewählt werden, wie z. B. die gezeigte röntgenbildähnliche Darstellung oder eine ultraschallbildartige Darstellung, wobei z. B. besonders gefährdete Abschnitte oder Verletzungen farbig hervorgehoben werden können. Gleichfalls ist es möglich, zwischen verschiedenen Darstellungsarten umzuschalten. Da die visuellen Informationen der agierenden Person übermittelt werden, entsteht für diese ein sehr realistischer Gesamteinindruck.

[0045] Bei der Ausführungsform der Erfindung nach Fig.

1 werden zusätzlich aus den biomechanischen Gelenkberechnungen auch noch Schmerzgrenzwerte ermittelt, die bei Überschreitung einen Befehl zum Abspielen eines Soundsamples auslösen. Diese Soundsamples sind in einem Speicher abgelegt und werden nach Anforderung aufgerufen und über ein Stereolautsprechersystem 8 wiedergegeben. Es ist für die agierende Person von nachhaltiger lernpsychologischer Wirkung, wenn z. B. bei einem falschen Handgriff ein Schmerzenslaut ertönt, die Herzöte des Kindes oder der Mutter hörbar sind, oder wenn das Kindmodell nach erfolgreicher Geburt wie ein natürliches Kind schreit.

[0046] Die Fig. 3 zeigt gegenüber Fig. 1 eine andere Antriebsvorrichtung für das Kindmodell 2. Ein Linearantrieb 5' mit interner Positionerkennungsvorrichtung in Form eines Längenmeßsystems besteht aus drei Einzelantrieben 5'_1, 5'_2 und 5'_3, deren Endabschnitte schwenkbar an einem Widerlager 9 und an einer Platte 10 angelenkt sind. Die Platte 10 ist über den Kraftsensor 11 mit einer Zweipunktthalterung 12 starr verbunden. Die Zweipunktthalterung 12 fixiert das Kindmodell 2 an den Punkten 13 und 14.

[0047] Die Fig. 4 zeigt eine weitere Form eines Linearantriebs 5", der, wie unter Bezugnahme auf Fig. 3 beschrieben, ebenfalls aus drei Einzelantrieben 5"_1, 5"_2 und 5"_3 besteht, deren Endabschnitte an je einem Widerlager 91, 92 und 93 schwenkbar angelenkt sind. Die sich in Richtung des Kindmodells 2 erstreckenden Endabschnitte sind an den Abstützungspunkten schwenkbar angelenkt.

[0048] Dem Fachmann ist an Hand der schematischen Zeichnungen und der vorstehenden Erläuterungen klar, daß die in Fig. 3 und 4 gezeigten Antriebsvorrichtungen geringere Freiheitsgrade als der in Fig. 1 gezeigte Roboter aufweisen. Weiterhin ist klar, wie mittels der verschiedenen Antriebe und weiterer Abwandlungen mit unterschiedlichen Freiheitsgraden Bewegungen des Kindmodells bewirkt werden können. Der Fachmann wird daher die Auswahl des Antriebs von den praktischen Erfordernissen oder von dem gewünschten Simulationsszenario abhängig machen.

[0049] Die Fig. 5 zeigt eine zweite Ausführungsform der Erfindung, bei der keine starren, sondern flexible Antriebsvorrichtungen 5"" verwendet werden. Wie in Fig. 1 wird der Querschnitt eines Geburtensimulators in Form eines Bauchtorsos 1 mit einem Kindmodell 2 gezeigt. Der Bauchtorso 1 ist in einem Bereich 3 auf einer Unterlage fest angeordnet. Das Kindmodell 2 befindet sich in einer Höhlung 4, welche die Gebärmutter simuliert. Der Bauchtorso 1 und das Kindmodell 2 sind aus einem weichplastischen Kunststoff ausgebildet. In der Wandung der Höhlung 4 sind Drucktaschen 5"" angeordnet. Diese Drucktaschen 5""a-5""p sind mit einem flüssigen oder gasförmigen Medium gefüllt und weisen in Richtung des Kindmodells 2 eine elastische Membran 15 auf. Jede der Drucktaschen 5""a-5""p ist mit einer Hydraulikleitung (nicht gezeigt) verbunden. Die Hydraulikleitungen der einzelnen Drucktaschen 5""a-5""p sind jeweils an eine Dosierpumpe (nicht gezeigt) angeschlossen. Diese Dosierpumpen werden durch eine programmierbare Steuerung betätigt.

[0050] Die Fig. 5b zeigt den Fall, wenn die Drucktaschen 5""e bis 5""k mit Flüssigkeit oder Gas gefüllt sind und die Membranen 15e bis 15k der Drucktaschen gegen das Kindmodell 2 drücken, so daß dieses in die Pfeilrichtung gedrückt wird. Da die Dosierpumpen einzeln ansteuerbar sind, können verschiedene Bewegungen des Kindmodells 2 bewirkt werden. So ist es z. B. möglich, mit der Aktivierung der Drucktaschen 5""a bis 5""d und 5""n bis 5""p das Kindmodell auch in die der Pfeilrichtung entgegengesetzte Richtung zu drängen. Damit kann z. B. die Wehenhäufigkeit simuliert werden. Auf Grund der Vielzahl von einzeln ansteuerbaren Drucktaschen können sehr realistische Bewegungen und

z. T. auch Schwenkungen simuliert werden.

[0051] Zur Realisierung eines interaktiven Verhaltens ist jeder Drucktasche 5"" ein Drucksensor (nicht gezeigt) zugeordnet. Dieser Drucksensor kann in der Drucktasche 5 "", in der Zuleitung oder auch in der Dosierpumpe angeordnet sein.

[0052] Wie zu Fig. 1 beschrieben, werden auch bei dieser Ausführungsform der Erfindung von einer agierenden Person direkt oder indirekt über die Baudecke Kräfte auf das Kindmodell aufgebracht. Diese Kräfte bewirken Verschiebungen des Kindmodells 2 hinsichtlich der Drucktaschen 5 "", durch welche diese Lageänderungen als Druckänderungen detektiert werden. Diese Druckänderungen werden nach den in Fig. 1 beschriebenen Regelstrategien signalechnisch verarbeitet und zur Steuerung der Pumpenvorrichtung, d. h. der Antriebsvorrichtung, verwendet.

[0053] Dem Fachmann ist klar, daß die vorstehend beschriebenen Antriebsvorrichtungen unterschiedliche kinematische Eigenschaften aufweisen, so daß die zur Steuerung und Regelung der Antriebsvorrichtungen vorgesehenen Programme, einschließlich zur Geburtssimulation, an die jeweilige Antriebsvorrichtung anzupassen sind.

[0054] So wie bei der Ausführungsform nach Fig. 1 können auch visuelle und akustische Zusatzinformationen bereitgestellt werden.

[0055] Die Fig. 6 zeigt eine eigenständige Erfindung, die jedoch hinsichtlich der ersten Erfindung als einheitlich zu betrachten ist. In dem Kindmodell 2 ist ein elektrisch betriebener Bewegungsmechanismus 16 angeordnet, mit dem das Kindmodell 2 veranlaßt werden kann, medizinisch typische Bewegungen, die vor oder während einer Geburt bei einem natürlichen Kind auftreten, auszuführen. Derartige Bewegungsmechanismen sind aus dem Stand der Technik hinreichend bekannt, so daß der Fachmann lediglich eine Auswahl zu treffen hat. Die Steuersignale zum Steuern des Bewegungsmechanismus 16 werden von der Steuer- und Regelvorrichtung bereitgestellt, die auch die Lage des Kindmodells steuert. Bei dieser Erfindung wird ein erweitertes Simulationsmodell eingesetzt, welches auch die Bewegungen der Extremitäten unter bestimmten Verhältnissen und das Auftreten bestimmter Reflexe oder ähnlicher Verhaltensweisen beinhaltet. Um das Kindmodell zu interaktiven Bewegungen anzuregen, werden die aus der Sensoranordnung gewonnenen Daten, die den Eingriff einer agierenden Person abbilden, auch zur Steuerung des Kindmodells verwendet, d. h., obwohl das Kindmodell keine eigenen Sensoren aufweist, reagiert es interaktiv, solange es sich in der künstlichen Gebärmutter und somit im Meßbereich der Sensoranordnung befindet.

[0056] Es ist weiterhin möglich, auch das Kindmodell selbst mit Sensoren auszustatten und signaltechnisch über den Rechner mit einem Simulationsprogramm zu koppeln. Das Kind bildet dann eine selbstständige interaktive kinematische Einheit, die auch außerhalb des Mutterleibstorsos interaktiv agiert.

[0057] Die Fig. 7 zeigt ein Kindmodell 2 mit Weg- und Drucksensoren am Kopf und einem Zug-Druck-Sensor in Verbindung mit einem Biege- und Torsionssensor am Hals. Dieses Kindmodell kann bei den vorstehend beschrieben Vorrichtungen zur Geburtssimulation eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Interaktiver Geburtensimulator mit nachfolgenden Merkmalen: ein Mutterleibstorso (1), ein Kindmodell (2), welches in dem Mutterleibstorso (1) bewegbar angeordnet ist, eine steuerbare Antriebsvorrichtung,

eine Koppelvorrichtung (12), die mit dem Kindmodell (2) so gekoppelt ist, daß durch Steuerung der Antriebsvorrichtung Bewegungen des Kindmodells (2) im Mutterleibstorso (1) bewirkbar sind, die den natürlichen oder medizinisch möglichen Bewegungen eines natürlichen Kindes im Mutterleib und/oder bei dem Geburtsvorgang entsprechen,
 eine an dem Kindmodell (2) und/oder an dem Mutterleibstorso (1) und/oder an der Koppelvorrichtung (12) vorgesehene Sensoranordnung (6, 17, 18, 19, 20) zum Detektieren von Kräften und/oder Bewegungen, wenn von einer Person geburtshelferische oder diagnostische Handgriffe ausgeführt werden, wobei die Sensoranordnung die Kräfte und/oder Bewegungen als elektrische Meßsignale abbildet,
 eine programmierbare, mit der Sensoranordnung (6, 17, 18, 19, 20) signaltechnisch verbundene Steuer- und Regelvorrichtung zum Steuern und Regeln der Antriebsvorrichtung (5),
 ein Simulationsprogramm, welches die Steuer- und Regelvorrichtung veranlaßt, bei durch die geburtshelferischen oder diagnostischen Handgriffe verursachten Krafteinwirkungen auf den Mutterleibstorso (1) und/oder auf das Kindmodell (2) die Antriebsvorrichtung zum Bewegen des Kindmodells (2) so zu steuern oder zu regeln, daß das Kindmodell (2) adäquate Reaktionsbewegungen ausführt, die dem natürlichen Bewegungsverhalten eines Kindes im Mutterleib oder bei der Geburt entsprechen.

2. Interaktiver Geburtensimulator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Koppelvorrichtung (12) starre Elemente sind.

3. Interaktiver Geburtensimulator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bewegung des Kindmodells (2) mehrere Koppelvorrichtungen (12) und mehrere steuerbare Antriebe (5) vorgesehen sind.

4. Interaktiver Geburtensimulator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Kindmodell (2) an einen sechsgelenkigen Roboter (5) mit serieller Kinematik angekoppelt ist.

5. Interaktiver Geburtensimulator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die steuerbaren Antriebe (5) hydraulische und/oder pneumatische Drucktaschen (5'') sind, die in dem Mutterleibstorso (1) so angeordnet sind, daß durch deren Befüllung Kräfte auf das Kindmodell ausgeübt werden, die eine Lageänderung des Kindmodells verursachen.

6. Interaktiver Geburtensimulator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine mit der Steuer- und Regelvorrichtung signaltechnisch verbundene optische Displayvorrichtung (7) vorgesehen ist, die so eingerichtet ist, daß die simulierten Kindsbewegungen und/oder Geburtsabläufe in Echtzeit abgebildet werden.

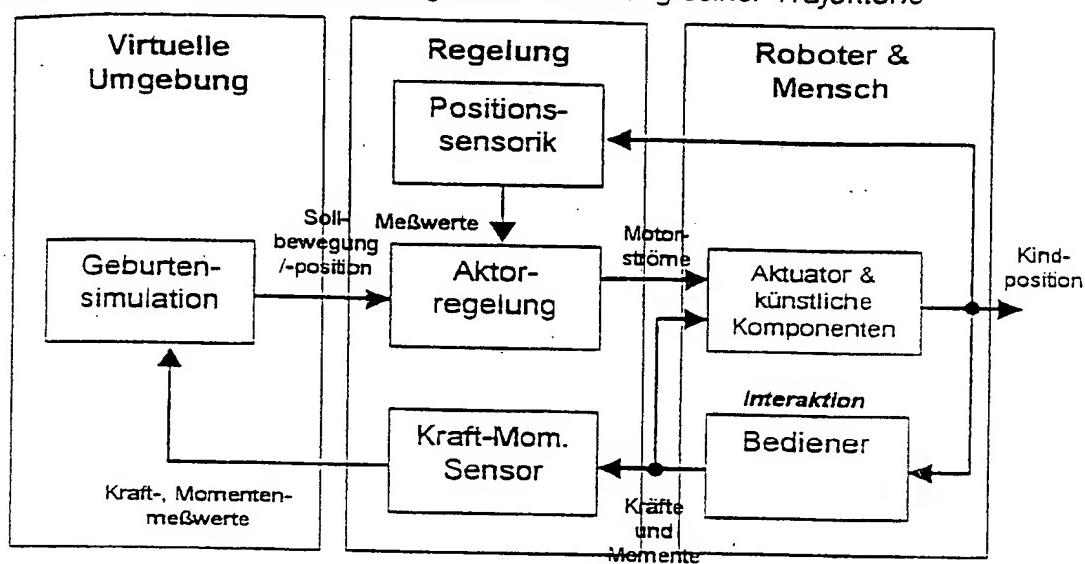
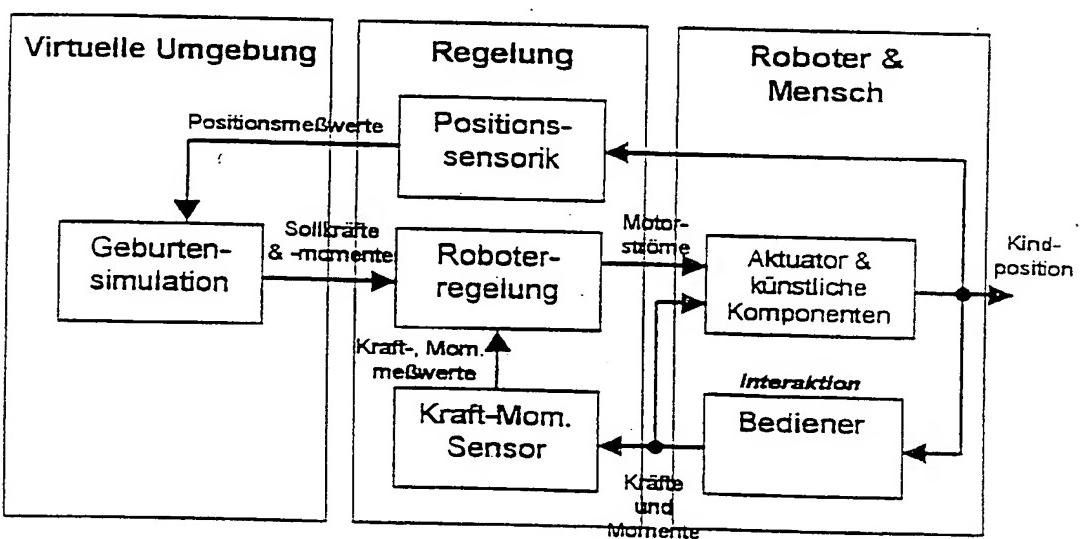
7. Interaktiver Geburtensimulator nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Displayvorrichtung ein Head-Mounted-Display ist.

8. Interaktiver Geburtensimulator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine mit der Steuer- und Regelvorrichtung signaltechnisch verbundene akustische Ausgabevorrichtung (8) vorgesehen ist, die so eingerichtet ist, daß während einer Simulation solche Geräusche oder Soundsamples in Echtzeit ausgegeben werden, wie sie bei einer natürlichen Geburt oder gynäkologischen Untersuchung vorkommen.

9. Kindmodell für einen Geburtensimulator nach Anspruch 1 bis 8, wobei das Kindmodell (2) zum Bewe-

gen der Extremitäten und des Kopfes einen inneren elektrisch betriebenen Bewegungsmechanismus (16) aufweist, der über eine Datenverbindung mit der Steuer- und Regelvorrichtung signaltechnisch verbunden ist, und das Kindmodell (2) durch das Simulationsprogramm so gesteuert und/oder geregelt wird, daß die Bewegungen des Kindmodells (2) den Bewegungen eines natürlichen Kindes unter vorbestimmten medizinischen Bedingungen entsprechen.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

*Admittanzregelung**„Roboter reagiert auf Krafteinwirkung durch Änderung seiner Trajektorie“**- Fig. 25**Impedanzregelung**„Roboter reagiert auf Trajektorienabweichungen durch Änderung seiner Kraft“**- Fig. 26*

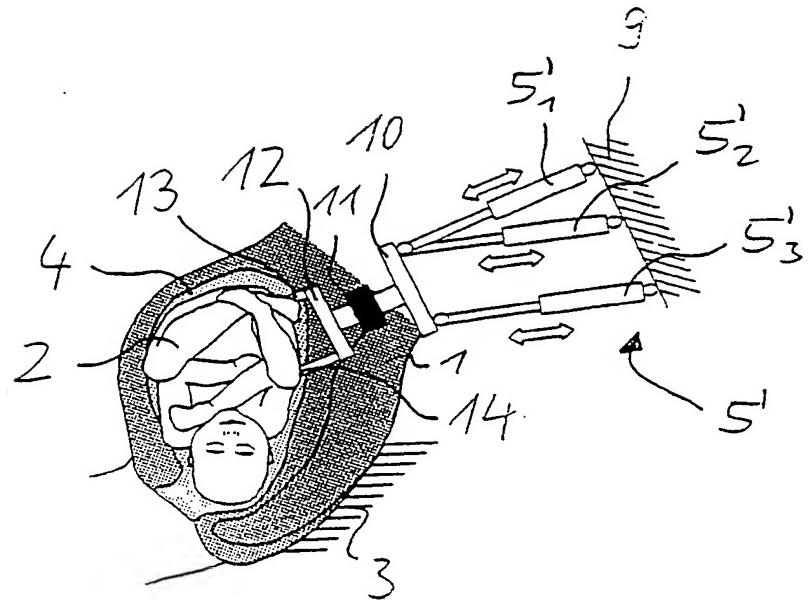


Fig. 3

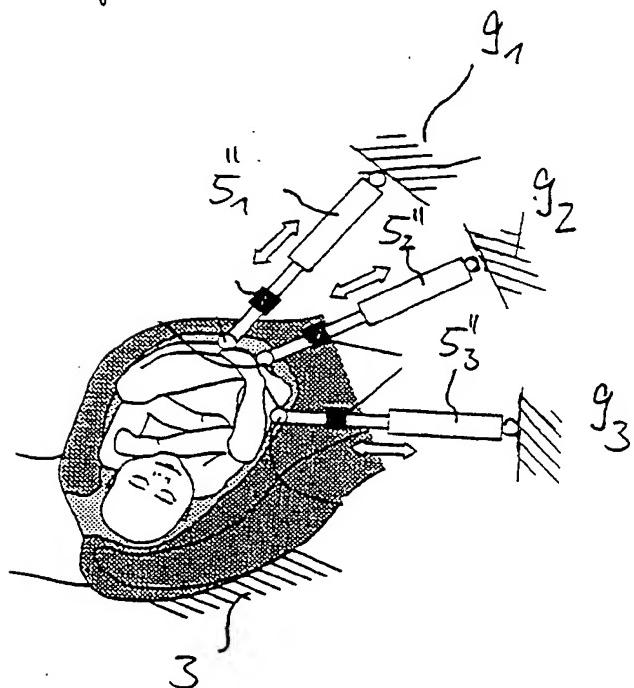


Fig. 4

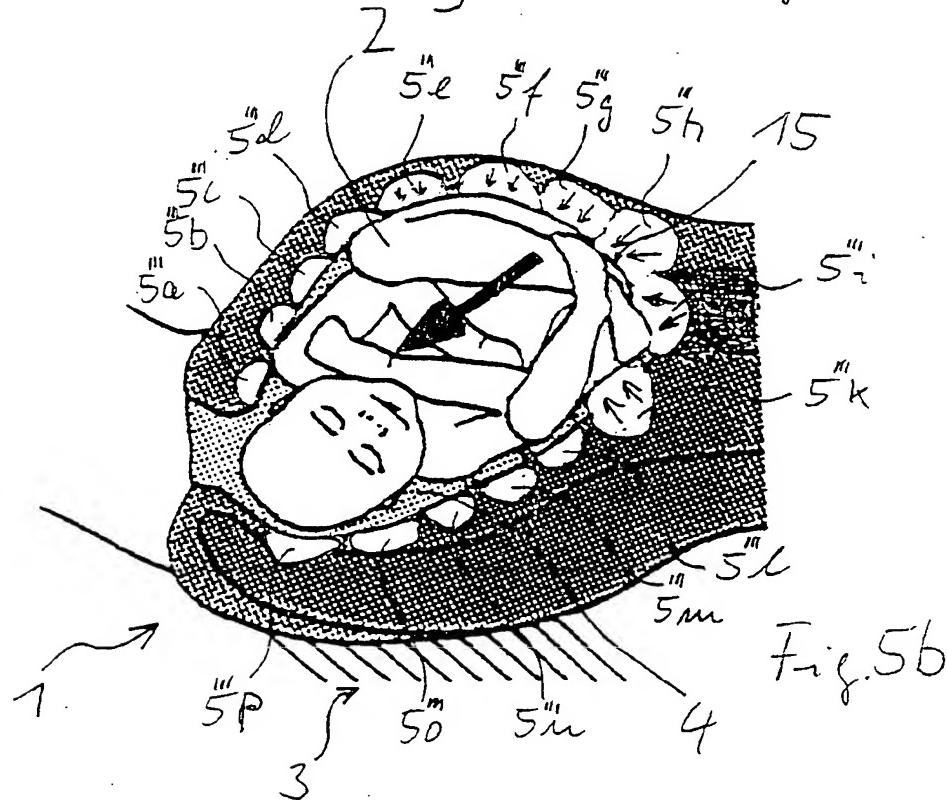
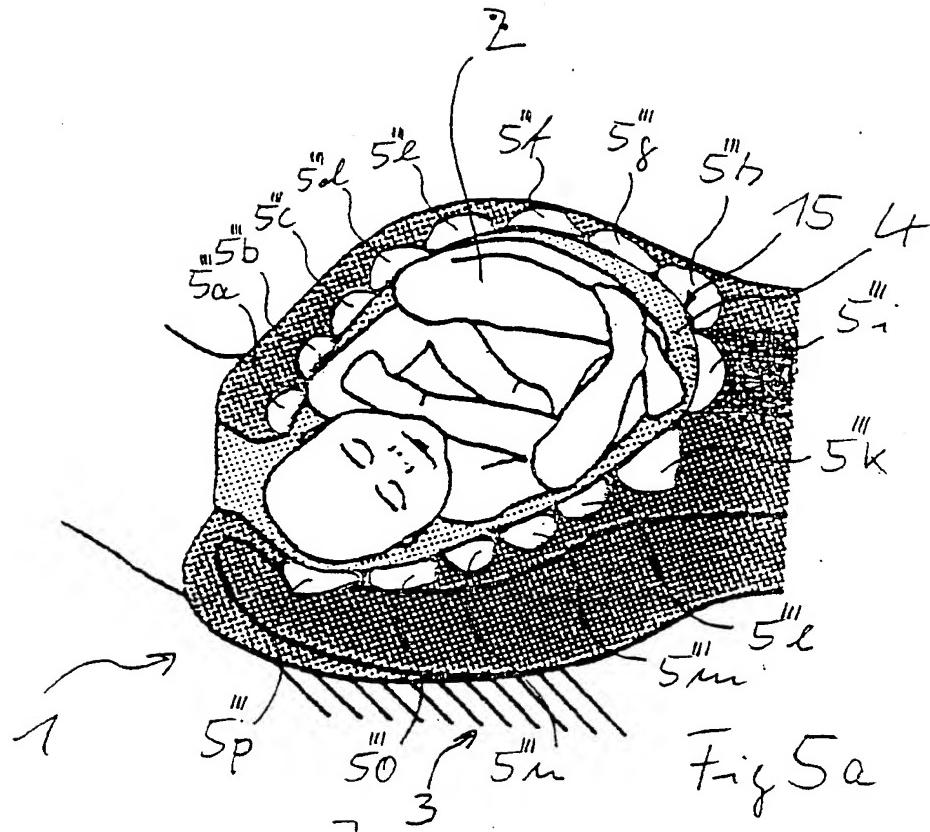




Fig. 6

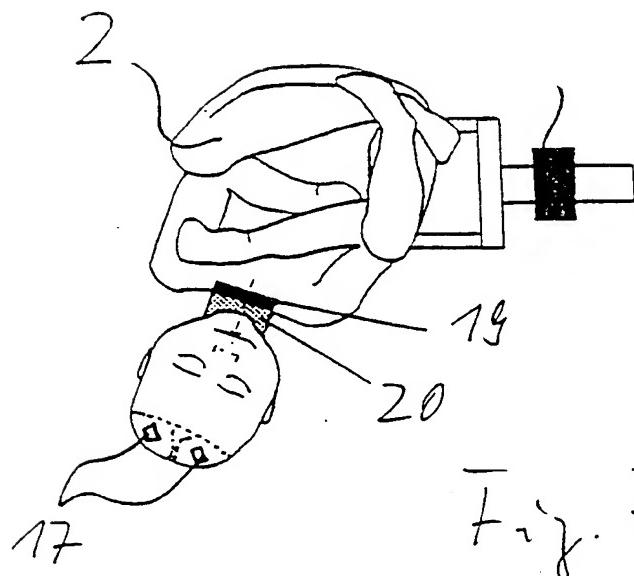


Fig. 7

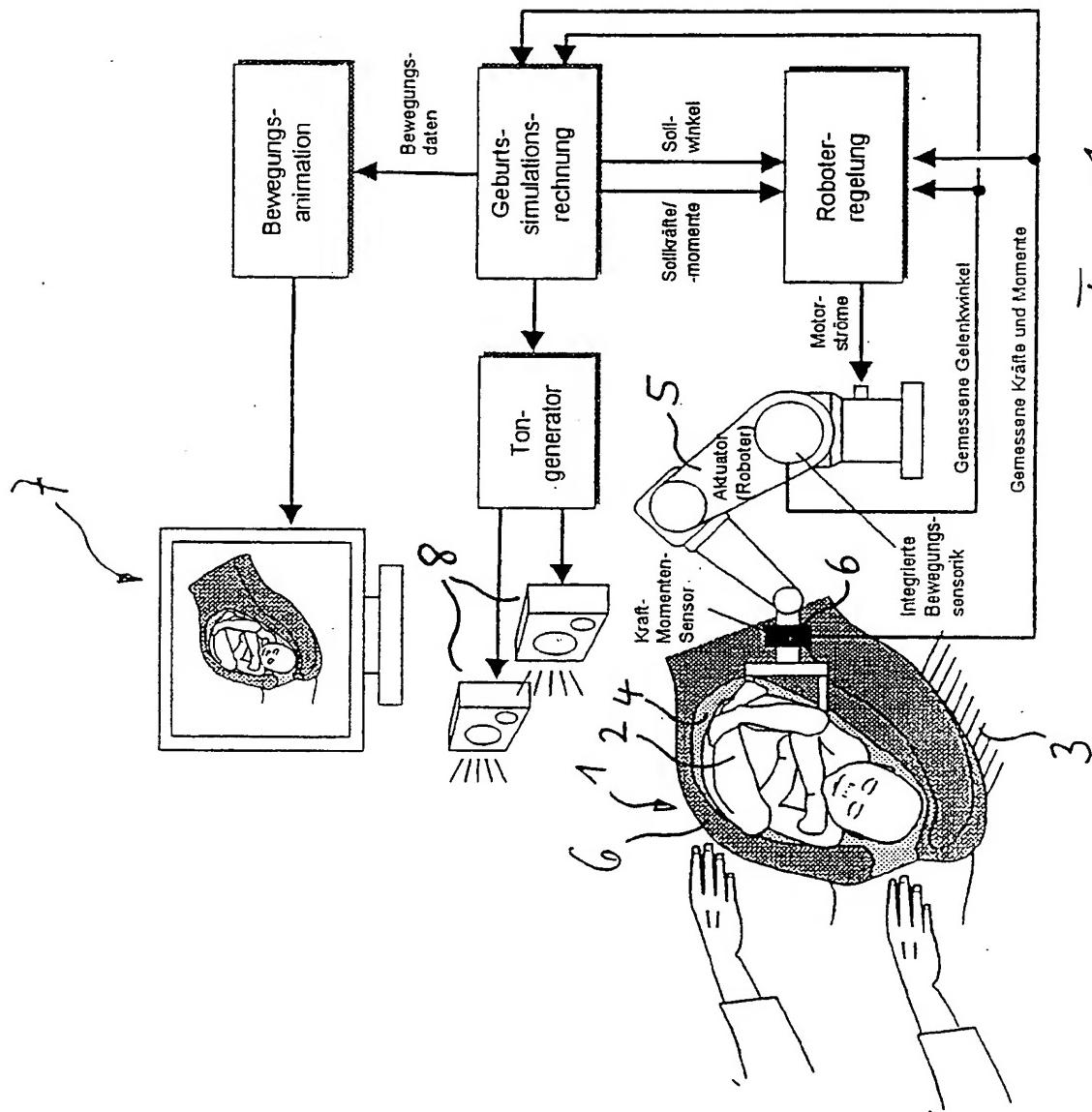


Fig. 1

- Leerseite -